هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱۶، پاییز ۱۳۹۷، صص ۲۲-۱

وصول مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲ تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۵

کاربرد GIS و تحلیل سلسله مراتبی در تعیین مناطق مستعد آب‌های زیرزمینی دشت مهران- استان ایلام

حاجی کریمی[۱]

ناهید زروش[۲]

عبدالرضا واعظی[*۳]

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود آب روبرو هستند، بررسی پتانسیل آب و مدیریت آب‌های زیرزمینی امری ضروری می‌باشد. یکی از راهکارهای مدیریتی منابع آب، شناسایی مناطق آبی با پتانسیل‌های مختلف و بهره‌برداری از آنها با توجه به ظرفیت‌شان می‌باشد. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی مناطق پتانسیل آب زیرزمینی در دشت مهران (استان ایلام)، از طریق روش‌های AHP و تکنیک GIS می‌باشد. جهت نیل به این هدف از معیارهای زمین‌شناسی، اقلیم، هیدرولوژی، پوشش گیاهی و توپولوژی (طبقات ارتفاع و شیب توپوگرافی)، بهره گرفته شد، به کمک روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در نرم‌افزار IDRISI وزن‌دهی انجام شد. با استفاده از روش‌های AHP-OWA، AHP-WLC نقشه‌ی نهایی پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در منطقه‌ی مورد مطالعه تهیه گردید. در مجموع ۵ پهنه با پتانسیل‌یابی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد شناسایی گردید، که پهنه با پتانسیل‌یابی بالا منطبق بر رسوبات آبرفتی و پهنه با پتانسیل کم منطبق بر مناطق با حداکثر شیب و رسوبات رسی و مارنی می‌باشد. نتایج نشان داد که، روش‌های بکار رفته کارایی مناسبی در پتانسیل‌یابی آب

۱ـ دانشیار دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۲ـ کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳ـ استادیار دانشکده‌ی علوم زمین دانشگاه تبریز، تبریز، ایران (نویسنده‌ی مسئول). E-mail:vaezihir@yahoo.com

زیرزمینی ایفا مـی‌کنند. نتایج حاصل از این پـژوهش مـی‌تواند در طرح‌های مدیـریت منابع آب زیرزمینی و جلوگیری از استفاده بیشتر از توان آنها کارساز باشد.

کلمات کلیدی: پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی، میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی، دشت مهران، تحلیل سلسله مراتبی، IDRISI.

مقدمه

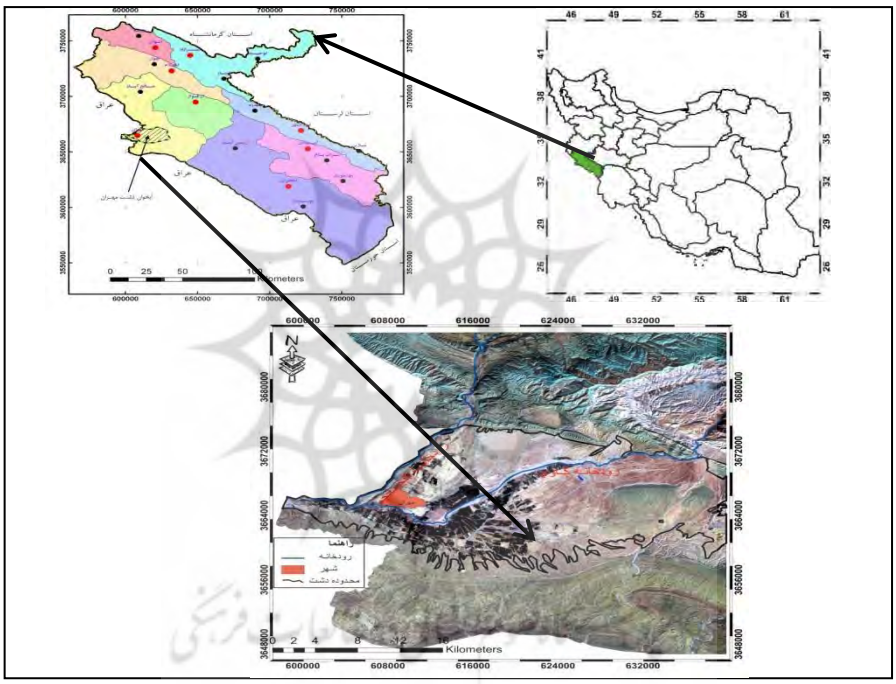
آب‌های زیرزمینی ۴ درصد از مجموعه آب‌هایی را که فعالانه در سیکل هیدرولوژی دخالت دارند، شامل می‌شوند با این وجود حدود ۵۰ درصد از جمعیت جهان از نظر شرب متکی به این آب‌ها هستند (طاهری تیزرو، ۱۳۸۴: ۱۳). آب‌های زیرزمینی در بسیاری از کشورهای واقع در نواحی خشک و نیمه‌خشک بیشتر از ۸۰ درصد منابع آبی مورد استفاده را تشکیل می‌دهند (صداقت، ۱۳۸۷: ۲۵). کشور ایران با شرایط اقلیمی خشک و نیمه خشک و میانگین بارش سالانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر یکی از کم آب‌ترین کشورهای جهان محسوب می‌شود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۶: ۸۲). در مناطقی که با کمبود آب روبرو هستند، بررسی پتانسیل آب و مدیریت آب‌های زیرزمینی امری ضروری می‌باشد. با این حال وجود آب های زیرزمینی نمی‌تواند به صورت مستقیم در سطح زمین مشاهده شود و با استفاده از تکنیک‌های مختلفی از جمله، سنجش‌از دور و GIS می‌توان به کمیت و کیفیت این منابع پی برد. مطالعات متعددی در زمینه‌های مختلف با استفاده از تکنیک‌های تحلیل سلسله مراتبی، سنجش‌از دور و GIS انجام شده است: ماگیش[1] و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور و GIS در جنوب هند جهت پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی استفاده کرده و منطقه‌ی مورد مطالعه را به ۴ دسته تقسیم‌بندی نمودند. چیننی[2] و همکاران (۲۰۱۰) به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدل‌های عددی توان بازیابی منابع آب زیرزمینی در مناطق خشک را مورد مطالعه قرار داده‌اند. پراسد[3] و

1- Magesh et al.,
2- Chenini et al.,
3- Prasad et al.,

همکاران (۲۰۰۸) پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی در سازند سخت را با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور و GIS ارزیابی کرده و نتایج حاصل با چشمه‌های منطقه صحت‌سنجی گردید. رحیمی و موسوی (۱۳۹۲) و سیف و کارگر (۱۳۹۰) پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی را با استفاده از مدل تحلیل سلسله مراتبی و سیستم جغرافیایی GIS به ترتیب در دشت شاهرود و حوضه‌ی آبریز سیرجان به انجام رساندند. از روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی نیز در مطالعات مختلفی استفاده شده است: شمسی (۱۳۹۳) با اعمال سه روش FUZZY- AHP, OWA و WLC در پتانسیل‌یابی منابع آب حوضه‌ی آبریز قلعه چای (آذربایجان‌شرقی) به این نتیجه دست‌یافت که روش OWA با اطلاعات به دست آمده از مطالعات میدانی و موقعیت چشمه‌ها نتایج قابل قبول‌تری را ارائه می‌کند. محمدزاده و همکاران (۱۳۹۳) پتانسیل آب زیرزمینی در سازندهای سخت حوضه‌ی آبریز صائین را با استفاده از روش میانگین‌گیری وزنی درجه‌ای (AHP -OWA) مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج قابل قبولی حاصل شد. زروش و همکاران (۱۳۹۳) بر اساس روش AHP-WLC در ارزیابی پتانسیل کارست در محدوده‌ی تاقدیس کبیرکوه در استان ایلام نشان دادند که مناطق با پتانسیل بالا با حوضه‌های آبگیر چشمه‌های پرآب منطقه تطابق خوبی را نشان می‌داد. در این پژوهش جهت شناسایی و پهنه‌بندی مناطق دارای بیشترین پتانسیل آب زیرزمینی، منطقه‌ی مهران (ایلام) از روش تحلیل سلسله مراتبی AHP و روش‌های منطق فازی، میانگین وزن‌دار درجه‌ای OWA و میانگین خطی وزنی WLC استفاده شده است. دشت مهران با وسعت حدود۳۰۰ کیلومترمربع یکی از وسیع‌ترین دشت‌های استان ایلام می‌باشد. در این دشت به لحاظ وجود اراضی کشاورزی فراوان، حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق به طور گسترده صورت گرفته است، لذا مطالعه‌ی آب‌های زیرزمینی، به عنوان اصلی‌ترین منبع آب منطقه، ضروری به نظر می‌رسد. نتایج به دست آمده از این مطالعه در مدیریت منابع محدوده‌ی مطالعاتی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار خواهد بود.

معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه

شهرستان مهران با متوسط بارندگی سالانه درازمدت برابر ۲۷۱ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه ۲۳/۵ $^{\circ}$C می‌باشد در غرب استان ایلام واقع شده است. شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱) موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

به منظور پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی در دشت مهران از آمار و اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های منطقه، نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه‌ی پوشش گیاهی، نقشه‌های توپوگرافی، DGN منطقه، تصاویر ماهواره‌ای سری لندست منطقه‌ی مورد مطالعه، به عنوان داده‌های اصلی استفاده شد. در این تحقیق از فناوری سنجش از دور (remote sensing) و سیستم

اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نرم‌افزارهای ENVI 4.8، IDRISI 17 و ARCGIS 10.1 استفاده شده است.

-تهیه‌ی لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز جهت تهیه‌ی نقشه‌ی پتانسیل‌یابی منطقه‌ی مورد مطالعه

جهت تهیه‌ی لایه‌ی طبقات ارتفاعی از نقشه‌ی رقومی توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه استفاده شده است. سپس مدل رقومی DEM منطقه در محیط ArcGIS تهیه گردید، برای تهیه‌ی لایه شیب منطقه، ابتدا مدل رقومی ارتفاعی DEM منطقه تهیه، سپس لایه شیب استخراج شد. لایه اطلاعاتی زمین‌شناسی شامل لیتولوژی، تراکم گسل و فاصله از گسل از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه، تهیه شد. برای تهیه‌ی لایه‌ی تراکم آبراهه، ابتدا نقشه‌ی شبکه‌ی آبراهه‌ی رده‌ی ۲ و ۳ منطقه با فرمت Shp با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS تهیه و توسط این نرم‌افزار لایه مربوط به تراکم آبراهه ایجاد شد. لایه‌های اطلاعاتی اقلیمی شامل بارش و دما با استفاده از داده‌های موجود در ایستگاه های منطقه و به کمک روش‌های درونیابی (IDW) در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. در این پژوهش جهت تعیین وزن و اهمیت نسبی هر یک از پارامترهای اطلاعاتی در مکان‌یابی پتانسیل آب زیرزمینی در دشت مهران از روش پـردازش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شد. این روش مبتنی بر مقایسه‌ی دو به دو معیارها توسط (ساعتی، ۱۹۸۰: ۴۲۶) در قالب یک فرایند سلسله مراتبی تحلیلی ارائه شده که یک روش ریاضی جهت تعیین اهمیت و تقدم معیارها در فرایند تحلیل و ارزیابی است. بطور کلی فرایند تصمیم‌گیری از لحاظ فضای تصمیم به دو دسته پیوسته و گسسته تقسیم می‌شود، تصمیم‌گیری در فضای گسسته به دو دسته تک‌معیاره و چندمعیاره تقسیم می‌شود. خود معیارها به سه دسته معیارهای کیفی، کمی و ترکیبی تقسیم می‌شود. تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است که امکان تصمیم‌گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی و کمی و ترکیبی را فراهم می‌کند. این روش شامل سه مرحله: ۱- ایجاد سلسله‌مراتبی معیارها و زیرمعیارها، ۲- مقایسه‌ی دو به دو، و محاسبه وزن‌ها ۳- تخمین ضریب ناسازگاری در تصمیم‌گیری می‌باشد. با توجه به درجه اهمیت هر پارامتر نسبت

به یکدیگر و شناخت منطقه و همچنین دانش کارشناسی بر اساس مقیاس پایه‌ای از ۱ تا ۹ به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است. در فرایند تحلیل سلسله مراتبی بیشترین وزن به لایه‌ای تعلق می‌گیرد که بیشترین تاثیر را در تعیین هدف دارد. چون هدف این پژوهش پی‌جویی منابع آب زیرزمینی در منطقه‌ی مورد مطالعه است، پارامترهای تأثیرگذار در تغذیه و نفوذپذیری سفره‌های آب زیرزمینی می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین عوامل برای رسیدن به هدف نهایی در نظر گرفته شوند. معیارهای تأثیرگذار بر پتانسیل وجود منابع آب زیرزمینی شامل ۶ معیار لیتولوژی، اقلیم (بارش و دما)، هیدرولوژی (تراکم آبراهه و فاصله از آبراهه)، پوشش گیاهی، توپولوژی (ارتفاع و شیب توپوگرافی)، لایه گسل (تراکم گسل و فاصله از گسل) معرفی گردیده است، که با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در نرم‌افزار IDRISI با ضریب ناسازگاری ۰/۰۲ وزن‌دهی شدند. جهت انجام عملیات پهنه‌بندی پتانسیل آب زیرزمینی در دشت مهران، نقشه‌های استاندارد شده و وزن‌دهی شده، حاصل از مراحل قبل با استفاده از دو روش AHP-OWA و AHP-WLC با هم تلفیق و نقشه‌ی نهایی پتانسیل آب زیرزمینی منطقه تهیه گردید. روش AHP-OWA تلفیقی از دور روش تحلیل سلسله مراتبی AHP و کمیت‌سنج میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی OWA، و روش AHP-WLC تلفیقی از روش AHP و روش ترکیب خطی وزن‌دار WLC می‌باشد. اساس روش WLC بر مبنای مفهوم میانگین وزنی می‌باشد. روش WLC براساس داده‌های فازی عمل می‌کند. ویژگی مهم این روش برقراری توازن کامل بین فاکتورها است. بدین معنی که جواب‌های حاصل از این روش مابین عملگرهای AND و OR است.که نشانگر آن است که نتایج حاصل نه فاقد ریسک است نه کاملاً دارای ریسک. روش OWA ترکیب نسبتاً جدید MCE است که مانند روش WLC بوده، اما دو مجموعه از وزن‌ها را در برمی‌گیرد. اولین مجموعه از وزن‌ها سهم نسبی معیار خاص را کنترل می‌کند، در حالی که مجموعه‌ی دوم وزن‌ها رتبه تجمع (اجتماع) معیارهای وزن‌دار را کنترل می‌کند (جیانگ و ایستمان[1]، ۲۰۰۰:

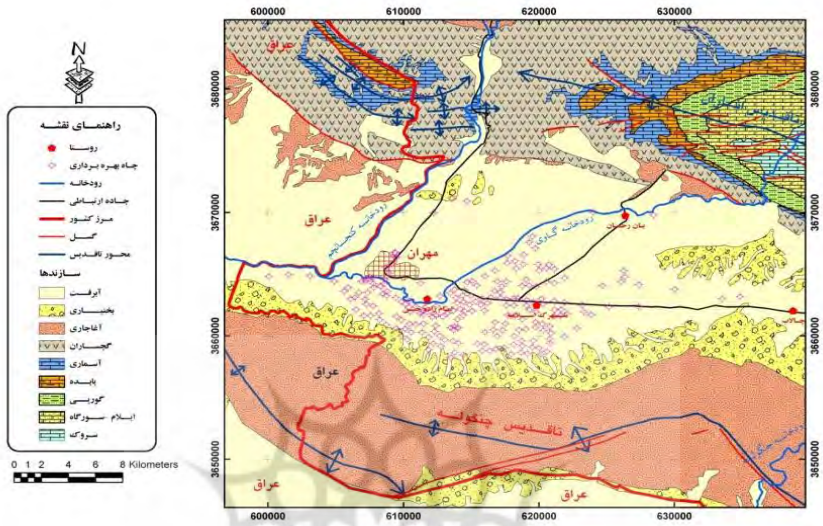
1- Jiang and Eastman

۱۷۳). جاذبه‌ی روش OWA این است که محقق می‌تواند بواسطه دوباره مرتب‌سازی و تغییر پارامترهای معیار، دامنه‌ی وسیعی از نقشه‌ها و راه‌حل‌های مختلف و سناریوهای پیش‌بینی را تولید کند. AHP یک ابزار کلی برای ایجاد ساختار سلسله مراتب در مسئله تصمیم‌گیری مکانی، تجزیه و تحلیل و اولویت دادن به هر گزینه است. در روش‌های مذکور، کاربران در ابتدا خواهان استفاده از روش AHP برای: ۱- ساخت ساختار سلسله مراتبی، ۲- به دست آوردن وزن‌ها برای اهداف و شاخص‌ها، به وسیله‌ی انجام مقایسه‌ی زوجی می‌باشند. سپس کمیت‌سنج‌های مفهومی OWA و WLC برای حمایت از تصمیم‌گیری کاربران استفاده می‌شود. درواقع در این تحقیق، نقشه‌های استاندارد شده براساس وزن‌های حاصل از AHP با انتخاب عملگر OWA و WLC پتانسیل‌یابی انجام شده و نقشه‌ی نهایی پتانسیل آب زیرزمینی منطقه تهیه شده است. در نهایت به لحاظ پتانسیل آب زیرزمینی، منطقه برای هر دو روش، AHP-OWA و AHP-WLC به پنج گروه با پتانسیل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی شد. نتایج حاصل نشان داد که، روش‌های به‌کار رفته کارایی مناسبی در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی ایفا می‌کنند.

بحث و نتایج

۱) زمین‌شناسی منطقه

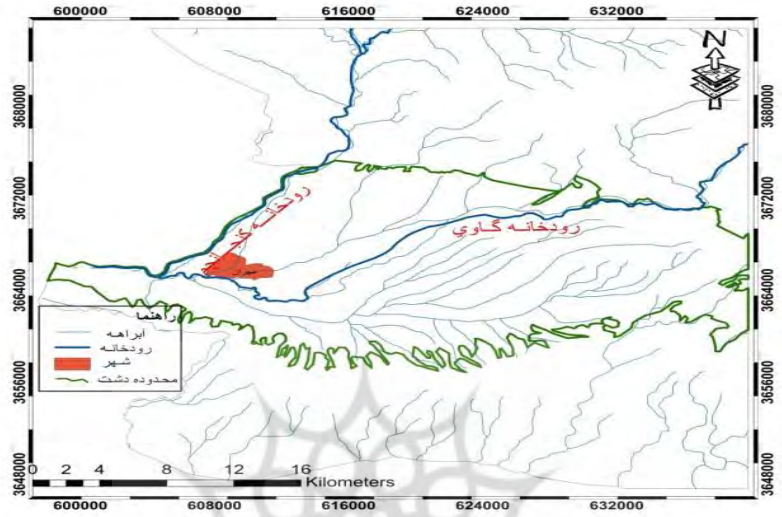
دشت مهران بر اساس تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی ایران جزو زاگرس چین‌خورده محسوب می‌شود. روند عمومی این منطقه تقریباً شمال غربی – جنوب شرقی است که در آن رسوبات، مزوزوئیک (کرتاسه) و سنوزوئیک به طور هم‌شیب روی هم قرار دارند. قدیمی‌ترین سازندی که در منطقه‌ی مهران رخنمون دارد، سازند سروک است که در تاقدیس اناران دیده می‌شود. جدیدترین سازند منطقه، سازند بختیاری است که در مناطق جنوبی منطقه دیده می‌شود. سازندهای منطقه به ترتیب از قدیم به جدید شامل: سروک، سورگاه، ایلام، گورپی، پابده، آسماری، گچساران، آغاجاری، بختیاری و رسوبات کواترنری می‌باشد.



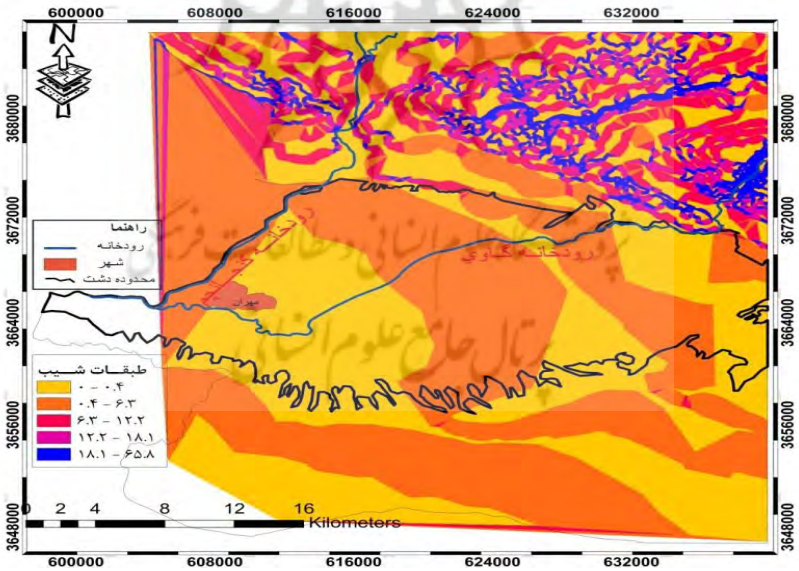
شکل (۲) نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه (مهندسین مشاور آریو بهین طرح، ۱۳۸۹)

۲) شبکه‌ی آبراهه‌های منطقه

مطالعات نشانگر آنست که نوع شبکه‌ی زهکشی هر منطقه توسط لیتولوژی واحدهای زمین‌شناسی، توپوگرافی و ساختارهای تکتونیکی و زمین‌شناسی منطقه کنترل می‌شود. شبکه‌ی زهکشی، یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدرژئولوژیک است، زیرا الگو، بافت و چگالی شبکه‌ی زهکشی به وسیله‌ی لیتولوژی زیرسطحی کنترل می‌شود. ارتباط بین نسبت آب نفوذی و رواناب به وسیله‌ی قابلیت نفوذ کنترل می‌شود و قابلیت نفوذ خود به نوع سنگ و شکستگی‌های موجود در سنگ‌های زیرسطحی بستگی دارد. به دلیل تبعیت زیاد رده‌های ۱ آبراهه از توپوگرافی منطقه، رده‌های بالاتر جهت تهیه‌ی لایه تراکم آبراهه در نظر گرفته شده است. در شکل (۳) نقشه‌ی شبکه‌ی آبراهه‌ی منطقه نشان داده شده است.



شکل (۳) نقشه‌ی آبراهه منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل (۴) نقشه‌ی شیب منطقه‌ی مورد مطالعه

۳) شیب منطقه

شیب عامل مهمی در شناسایی مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی می‌باشد. زیرا گرادیان هیدرولیکی و جهت حرکت آب زیرزمینی را تعیین می‌کند. سیستم جریان آب زیرزمینی در اغلب موارد متأثر از شیب سطح زمین است. محدوده‌ی شیب منطقه‌ی مورد مطالعه بین ۰ تا ۶۵ درجه می‌باشد (شکل ۴).

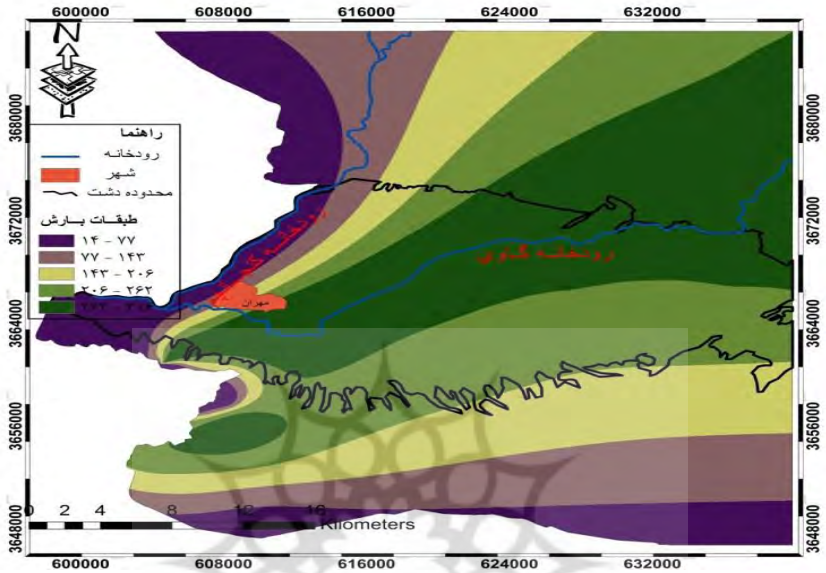
۴) بارش منطقه

بارندگی منبع اولیه تأمین‌کننده‌ی آب زیرزمینی در هر منطقه می‌باشد. ارتباط بارندگی با وقوع آب زیرزمینی به وسیله‌ی فاکتورهایی مانند توپوگرافی، پوشش گیاهی و لیتولوژی کنترل می‌شود، این فاکتورها بر مقدار آبی که به درون زمین نفوذ می‌کند، مؤثر هستند. برای تهیه‌ی نقشه‌ی همبارش در منطقه‌ی مورد مطالعه از اطلاعات ایستگاه موجود در منطقه استفاده شد. سپس با استفاده از روش درونیابی به تهیه‌ی نقشه‌ی همبارش اقدام گردید (شکل ۵).

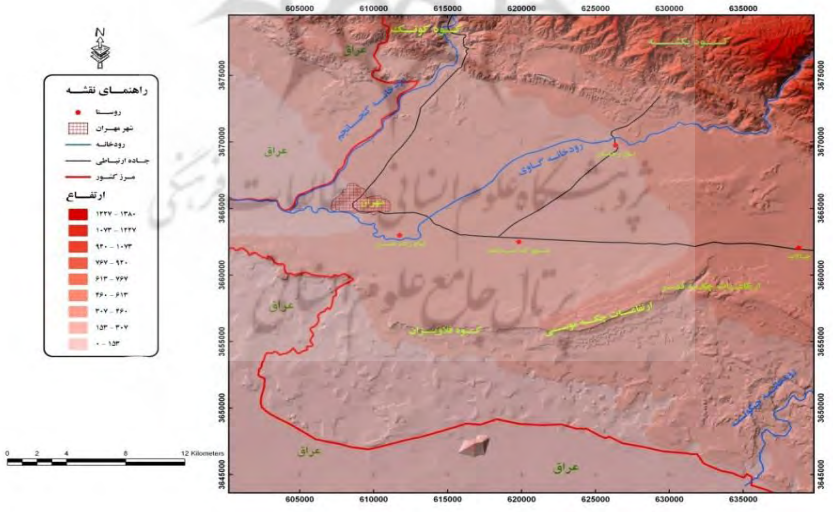
۵) ارتفاع منطقه

در ارتفاعات بالاتر بخش عمده‌ای از بارش‌ها به صورت رواناب درآمده لذا فرصت کافی جهت نفوذ آب به درون زمین وجود ندارد بنابراین ارتفاعات بالاتر از پتانسیل آب زیرزمینی کمتری برخوردار است. محدوده‌ی تغییرات ارتفاع منطقه در شکل (۶) نمایش داده شده است.

پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۵) نقشه‌ی همبارش منطقه



شکل (۶) نقشه‌ی توپوگرافی سه بعدی منطقه‌ی مورد مطالعه (مهندسین مشاور آریو بهین طرح، ۱۳۸۹)

۶) استانداردسازی معیارها

پس از تهیه‌ی لایه‌های رستری موردنیاز در محیط نرم‌افزار ArcGIS معیارها به نرم‌افزار IDRISI انتقال یافته تا عمل استانداردسازی روی آنها اعمال گردد، با توجه به وجود معیارهای مختلف لازم است تا جهت یکسان‌سازی ارزش نسبی هر یک از مقادیر، نقشه‌ها استانداردسازی شوند. بدین منظور از منطق فازی در این پژوهش استفاده گردید. در منطق فازی قطعیت موجود در منطق بولین وجود ندارد. جهت استانداردسازی لایه‌ها، کلیه‌ی مقادیر و ارزش لایه‌ها، به دامنه‌ی یکسانی مثلاً صفر و یک یا صفر تا ۲۵۵ تبدیل می‌شود. در این مقیاس‌ها اعداد بزرگ‌تر از مطلوبیت بالاتری برخوردار خواهند بود. علاوه برمسئله انتخاب مقیاس جهت تهیه‌ی نقشه‌های فازی می‌بایست نوع تابع فازی نیز انتخاب شود. فرایند استانداردسازی در روش فازی از طریق باز قالب‌بندی مقادیر و ارزش‌ها به شکل یک مجموعه‌ی عضویت عملی می‌گردد. در این حالت بیشترین ارزش به حداکثر عضویت و کمترین ارزش به حداقل عضویت، در مجموعه تعلق می‌گیرد. در این پژوهش جهت استانداردسازی پارامترها، کلیه مقادیر در مقیاس صفر تا ۲۵۵ قرارگرفته، و به خاطر به حداقل رساندن میزان تغییرات در مرز بین معیارها از شکل تابع فازی سیگموئیدال از نوع افزایشی و کاهشی با توجه به تأثیر هر یک از معیارهای فوق در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی استفاده گردید.

۷) وزن‌دهی پارامترها

در روش‌های وزن‌دهی چندمعیاره، می‌بایست برای معیارهای مورد بررسی وزن‌هایی اختصاص داده شود، که این وزن‌دهی بسیار مهم و تعیین‌کننده است با ایجاد سلسله مراتب مناسب و پردازش گام‌به‌گام، ساخت ماتریس‌های مقایسه‌ای در سطوح مختلف سلسله مراتب، AHP بردار ویژه و مقادیر آن را محاسبه کرده، با ترکیب بردارها ضرایب وزنی گزینه‌های مختلف محاسبه می‌شود (جین فنگ یو[1]، ۲۰۰۲:۱۱۰). ضریب ناسازگاری

1- Jin Feng, Yue

باید کمتر از ۰/۱ باشد در صورتی که مقدار این ضریب بیشتر از ۰/۱ باشد، باید در اهمیت نسبی پارامترها تجدیدنظر شود (دی و رامچاران[1]، ۲۰۰۰: ۱۳۸۴). با توجه به درجه اهمیت هر پارامتر نسبت به یکدیگر و شناخت منطقه و همچنین دانش کارشناسی بر اساس مقیاس پایه‌ای از ۱ تا ۹ به عنوان ورودی در نظر گرفته شده است. وزن‌دهی به عوامل براساس روش کارشناسی و با توجه به ارجحیت به صورت مقایسه زوجی صورت گرفته است (یمانی و علیزاده، ۱۳۹۳: ۱۳۷). در ارجحیت‌بندی معیارها از قضاوت‌های شفاهی که به صورت مقایسه‌ای بین فاکتورها صورت می‌گیرد، استفاده می‌شود. این قضاوت‌ها به مقادیر کمی بین ۱ تا ۹ تبدیل شده که در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱) مقادیر ترجیحات برای مقایسه‌ی زوجی عوامل (قدسی‌پور، ۱۳۸۷: ۱۴)

ارجحیت	مقدار
کاملا مرجح یا کاملا مهم یا کاملا مطلوب	۹
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت خیلی قوی	۷
ترجیح با اهمیت یا مطلوبیت قوی	۵
کمی مرجح یا کمی مهم تر یا کمی مطلوب	۳
ترجیح یا اهمیت یا مطلوبیت یکسان	۱
ترجیحات بین فواصل قوی	۲،۴،۶،۸

برای پارامترهای سنگ‌شناسی، هیدرولوژی و اقلیم بالاترین وزن در نظر گرفته شد. وزن‌دهی به سایر عوامل، به نسبت کاهش تأثیرشان در نفوذپذیری کمتر می‌شود (جدول ۲).

۸) میانگین‌گیری وزن‌دار ترتیبی OWA[2]

OWA شامل دو بردار وزن است، یکی وزن اهمیت معیارها و دیگری وزن رتبه‌ای. وزن معیار برای همه مکان‌ها حاصل می‌شود تا اهمیت نسبی فاکتورها را بر طبق اولویت

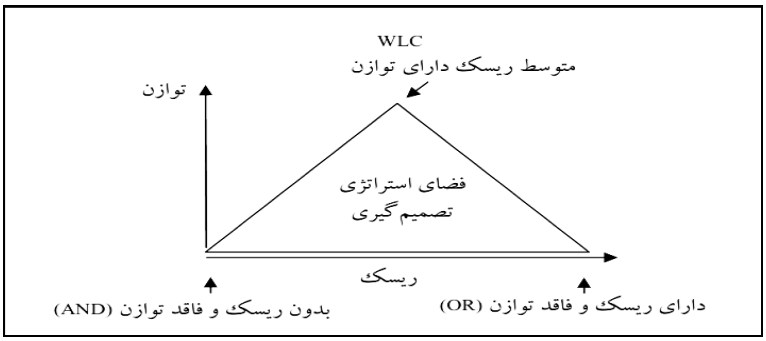
1- Dey and Ramcharan
2- Ordered Weighted Averaging

تصمیم‌گیرنده نشان دهد. وزن‌های درجه‌ای، ابتدا درجه‌ی تأثیر وزن‌های معیار را در ترکیب لایه‌ها اصلاح کرده و سپس سطح کلی توازن را کنترل می‌کنند. مزیت روش OWA این است که محقق می‌تواند به واسطه‌ی دوباره مرتب‌سازی و تغییر پارامترهای معیار، دامنه‌ی وسیعی از نقشه‌ها و راه‌حل‌های مختلف و سناریوهای پیش‌بینی را تولید کند (رهنما و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۲). پس از اینکه وزن معیارها بر روی معیارهای اصلی اعمال شد، نتایج حاصله از مطلوبیت کم تا زیاد برای هر مکان رتبه‌بندی می‌شود. معیار دارای کمترین مقدار، اولین وزن درجه‌ای را می‌گیرد، معیار دارای دومین امتیاز کمتر، دومین وزن درجه‌ای را می‌گیرد و این کار تا آخر ادامه پیدا می‌کند. شکل (۷) حالت‌های مختلف میزان ریسک و توازن را نشان می‌دهد.

جدول (۲) وزن نهایی پارامترهای مؤثر در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی دشت مهران با استفاده از روش AHP

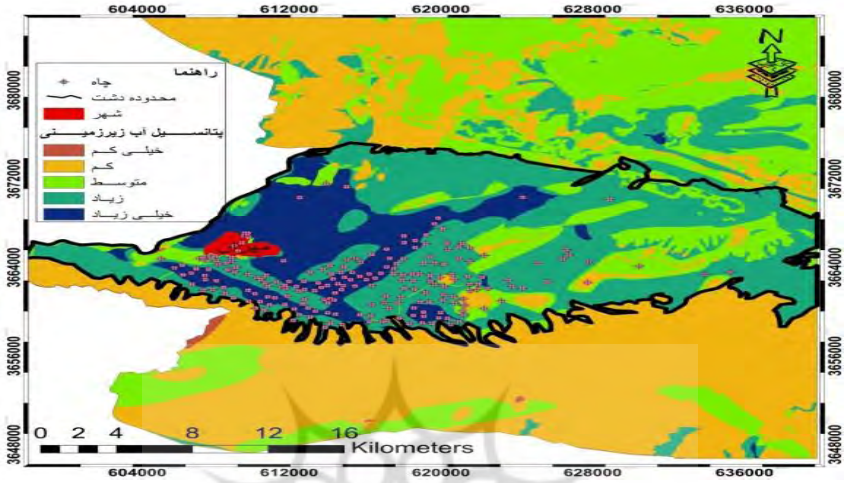
پارامتر	رتبه	وزن نهایی
لیتولوژی	۹	۰/۳۱
بارش	۷	۰/۱۹
تراکم آبراهه	۶	۰/۱۴
پوشش گیاهی	۵	۰/۱۰
شیب	۴	۰/۰۸
ارتفاع	۳	۰/۰۶
فاصله از آبراهه	۲	۰/۰۴
دما	۱	۰/۰۳
تراکم گسل	۱	۰/۰۳
فاصله از گسل	۱	۰/۰۲

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل (۷) فضای استراتژی تصمیم‌گیری در روش OWA (Eastman, 1997)

مناطق با پتانسیل بالای آب زیرزمینی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS و از طریق تلفیق معیارهای زمین‌شناسی، هیدرولوژی، توپولوژی و اقلیمی شناسایی شدند. به لحاظ پتانسیل آب زیرزمینی، منطقه به ۵ گروه تقسیم‌بندی شد (شکل ۸). همانطور که در نقشه‌ی پتانسیل آب زیرزمینی مشاهده می‌شود، دشت مهران در قسمت‌های غرب و جنوب غرب، به علت شیب و ارتفاع مناسب و همچنین تغذیه مناسب توسط شبکه‌ی آبراهه‌ها و وجود رسوبات آبرفتی مناسب از پتانسیل آب زیرزمینی بالاتری برخوردار است. پتانسیل کمتر جایی اتفاق می‌افتد که سازندهای نفوذناپذیر در منطقه رخنمون دارند. همپوشانی لایه چاه‌های حفر شده در منطقه با نقشه‌ی نهایی، حاکی از آن است که روش AHP-OWA کارایی مناسبی، جهت پتانسیل آب زیرزمینی دارد. به گونه‌ای که بیشترین پتانسیل آب زیرزمینی در رسوبات کواترنری، و کمترین پتانسیل در ارتفاعات و جایی که رسوبات نفوذناپذیر گسترش دارند مشاهده می‌شود. پراکندگی چاه‌ها در منطقه نشان می‌دهد که، بیشتر چاه‌های حفر شده در نقشه‌های نهایی حاصل از این روش در پتانسیل بالا واقع شدند که تأییدکننده‌ی کارایی این مدل در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی می‌باشد.



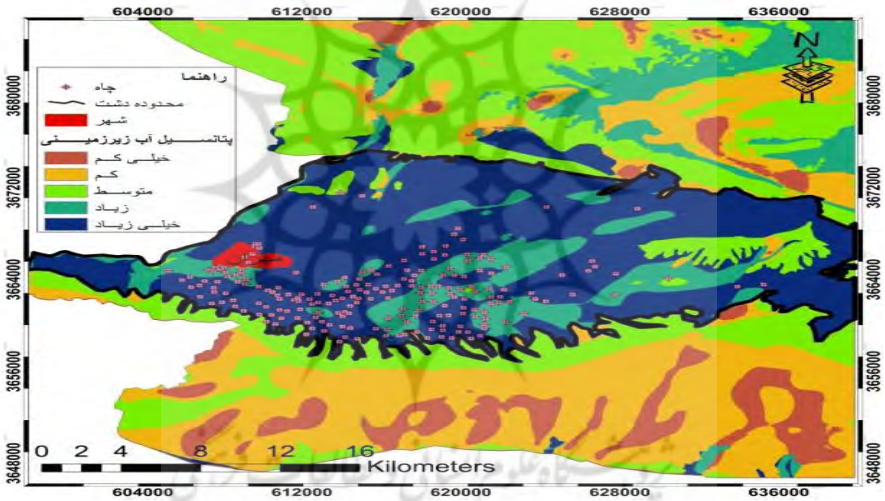
شکل (۸) نقشه‌ی نهایی حاصل از روش AHP-OWA با ریسک متوسط و بدون توازن

۹) ارزیابی چندمعیاره به روش ترکیب خطی وزن‌دار(WLC[1])

هدف از ارزیابی چندمعیاره، انتخاب بهترین گزینه (در اینجا بهترین مکان یا پیکسل) بر مبنای رتبه‌بندی آنها از طریق ارزیابی چند معیار اصلی است. روش ترکیب خطی وزن‌دار رایج‌ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چندمعیاری است. این تکنیک روش ساده‌ی وزن‌دهی جمع‌پذیری و روش امتیازدهی نیز نامیده می‌شود. این روش بر مبنای مفهوم میانگین نسبی وزنی استوار است. تحلیل‌گر یا تصمیم‌گیرنده مستقیماً بر مبنای (اهمیت نسبی) هر معیار مورد بررسی، وزن‌هایی به معیارها می‌دهد. سپس از طریق وزن کردن وزن نسبی در مقدار آن خصیصه، یک مقدار نهایی برای هر گزینه به دست می‌آید. پس از آنکه مقدار نهایی هر گزینه مشخص شد، گزینه‌ای که بیشترین مقدار را داشته باشد مناسب‌ترین گزینه برای هدف مورد نظر است. اجرای روش WLC می‌تواند با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و قابلیت‌های همپوشانی این سیستم اجرا شود. در این روش عوامل یا لایه‌های اطلاعاتی مؤثر در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی استاندارد شده و

1- Weighted Linear Combination

در وزن‌های حاصل از روش AHP ضرب شده، و نقشه‌ی نهایی حاصل می‌شود (شکل ۹). همانطور که مشاهده می‌شود نقشه‌ی نهایی در ۵ طبقه از پتانسیل خیلی کم تا خیلی زیاد ایجاد شد که مناطق با پتانسیل خیلی بالا مناطق بسیار مستعد و پهنه‌های با پتانسیل خیلی کم مناطق نامساعد از نظر منابع آب زیرزمینی هستند. این طبقه‌بندی با موقعیت چاه‌ها، سازندهای مناسب برای نفوذپذیری، تراکم آبراهه، حداقل شیب و ارتفاع همخوانی دارد. نتیجه همپوشانی لایه‌ی چاه‌ها و نقشه نهایی حاصل از AHP-WLC نشان‌دهنده‌ی کارایی مناسب این مدل در پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی است.



شکل (۹) نقشه‌ی نهایی حاصل از روش WLC

نتیجه‌گیری

سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) توسط بسیاری از هیدروژئولوژیست‌ها جهت ارزیابی، نظارت و حفاظت از آب‌های زیرزمینی به کار گرفته شده است که نتایج قابل قبولی حاصل شده است. از جمله یمانی و علیزاده (۱۳۹۳) پتانسیل منابع آب زیرزمینی در حوضه‌ی آباده – اقلید فارس را با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و

سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) مورد مطالعه قرار دادند. آنها در این تحقیق از داده‌های اقلیمی، زمین‌شناسی و توپوگرافی استفاده کردند. با توجه به یافته‌های تحقیق نتیجه گرفتند که روش تحلیل سلسله مراتبی و GIS در برنامه‌ریزی محیطی از اهمیت بالایی برخوردار است و به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا یک مسئله‌ی پیچیده‌ی طبیعی را به صورت ساختار سلسله مراتبی تبدیل نموده و سپس به حل آن بپردازد. در مطالعه‌ی دیگری، رحیمی و موسوی ۱۳۹۱ پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی در حوضه‌ی شاهرود را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و GIS انجام دادند که در آن از اطلاعات زمین‌شناسی هیدرولوژی اقلیمی و ژئومورفولوژی استفاده شد. جهت هم‌پوشانی لایه‌ها از سه روش Weighed Overlay، Weighted Sum و Raster Calculator استفاده شده است، نتایج آنها نشان داد که روش Weighed Overlay از اطمینان بالاتری برخوردار است، نتایج همچنین نشان داد که بهترین پتانسیل در مناطق آبرفتی و کمترین پتانسیل منطبق بر رسوبات رسی و مارنی می‌باشد. رحیمی (۱۳۹۰) و سیف و کارگر (۱۳۹۰) مطالعات مشابهی به ترتیب در حوضه‌های شهرکرد و سیرجان به انجام رساندند، نتایج آنها نیز مشابه آنچه که در این تحقیق حاصل شد، حاکی از کارایی بالای سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در پتانسیل یابی منابع آب زیرزمینی می‌باشد. در این پژوهش پتانسیل آب زیرزمینی دشت مهران با استفاده از مدل‌های AHP-OWA و AHP-WLC مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از انجام این تحقیق شناسایی و پهنه‌بندی بهترین پتانسیل آب زیرزمینی در دشت مهران با استفاده از عوامل موثر در تغذیه‌ی سفره‌های آب زیرزمینی از طریق مقایسه کارایی روش‌های تحلیل سلسله مراتبی و عملگرهای OWA و WLC می‌باشد. پارامترهای مؤثر در پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی متنوع و متفاوت هستند، اما در اکثر مطالعات پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی از پارامترهای هیدرولوژی، زمین‌شناسی، اقلیمی و توپوگرافی استفاده می‌شود. در این تحقیق با توجه به پارامترهای مؤثر بر پتانسیل وجود منابع آب زیرزمینی شامل: لیتولوژی، اقلیم (بارش و دما)، هیدرولوژی (تراکم آبراهه و فاصله از آبراهه)، پوشش‌گیاهی، توپولوژی (ارتفاع و شیب توپوگرافی)، لایه گسل (تراکم گسل و فاصله از گسل) نقشه‌ی پتانسیل آب زیرزمینی دشت مهران

تهیه گردید. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق می‌توان گفت که دشت مهران از پتانسیل بالایی برخوردار است. به طور کلی در منطقه‌ی مورد مطالعه، در مناطق پوشیده از رسوبات کواترنری و جایی که تراکم آبراهه‌ها کمتر بوده و توپوگرافی منطقه ملایم است، بیشترین پتانسیل، و مناطق پوشیده از سازندهای نفوذناپذیر با شیب زیاد، کمترین پتانسیل را در روش‌های به کار رفته نشان می‌دهد. در کل به لحاظ پتانسیل آب زیرزمینی، منطقه برای هر دو روش، به پنج گروه با پتانسیل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی شد. همانطور که مشاهده می‌شود، موقعیت چاه‌ها جزء در نواحی غربی آبخوان دشت مهران همخوانی بالایی با مدل‌های AHP-OWA و AHP-WLC دارند. همانطور که در شکل‌های ۸ و ۹ مشاهده می‌شود، نواحی غربی دشت مهران به لحاظ پتانسیل آب زیرزمینی دارای پتانسیل بالایی بوده اما پراکندگی چاه‌ها در این منطقه ناچیز است. لازم به ذکر است که مناطق غربی آبخوان دشت، تحت تأثیر شبکه‌ی آبیاری رودخانه‌ی کنجانچم شکل (۶) قرار گرفته است که کیفیت آب این رودخانه در محل ورود به دشت مهران نسبت به آبخوان این دشت نامناسب بوده، با توجه به پراکندگی سازند گچساران در منطقه‌ی مورد مطالعه و همچنین با توجه به جهت جریان رودخانه‌ی کنجانچم در میان این سازند که یکی از منابع تغذیه‌کننده‌ی دشت مهران است، آب زیرزمینی در این بخش از دشت از نظر کیفی تحت تاثیر قرار گرفته است. لذا طی سالیان متمادی استفاده از شبکه‌ی آبیاری کنجانچم، کیفیت آب آبخوان دشت مهران در نواحی غربی نامناسب شده است. بنابراین تعداد چاه‌های حفر شده در این منطقه کاهش یافته است. با بررسی روش‌های فازی اعمال شده، مشخص شد که روش WLC علی‌رغم سادگی دارای معایبی، از جمله اینکه در این روش مناطق بیشتری در پهنه با پتانسیل خیلی زیاد قرار می‌گیرند که ممکن است صحیح نباشد. به عبارتی دیگر جواب‌های حاصل از این روش مابین عملگرهای AND و OR است.که نشانگر آن است که نتایج حاصل نه فاقد ریسک است نه کاملاً دارای ریسک. اما الگوریتم OWA با استفاده از وزن‌های درجه‌ای این امکان را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که عوامل مهم‌تری که از نظر او نقش مهم‌تری دارند را با همان اهمیت در مسئله، قرار دهد و همین برتری

باعث می‌شود تا نتیجه بهتری حاصل شود. در حالی که در روش WLC تنها یک رتبه بندی و بدون توجه به میزان ریسک‌پذیری تصمیم‌گیرنـده حاصل مـی‌شود. برتری روش OWA این است که محقق می‌تواند به واسطه‌ی دوباره مرتب‌سازی و تـغییر پارامترهای معیار، دامنه‌ی وسیعی از نقشه‌ها و راه‌حل‌های مختلف و سناریوهای پیش‌بینی را تولید کند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- رحیمی، داریوش و حجت موسوی (۱۳۹۱)، **پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از AHP (مطالعه‌ی موردی حوضه‌ی آبخیز شاهرود-بسطام)**، نشریه‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره‌ی ۴۴، صص ۱۳۹-۱۵۹.

- رحیمی، داریوش (۱۳۹۰)، **پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی (مطالعه‌ی موردی دشت شهر کرد)**، مجله‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره‌ی ۴، صص۱۲۸-۱۴۲.

- زروش، ناهید؛ واعظی، عبدالرضا و حاجی کریمی (۱۳۹۳)، **ارزیابی پتانسیل توسعه کارست در تاقدیس کبیرکوه استان ایلام با استفاده از تلفیق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سنجش از دور و GIS**، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره‌ی ۳، صص ۱۴۴-۱۵۷.

- سیف، عبدالله و ابوذر کارگر (۱۳۹۰)، **پتانسیل‌یابی آب زیرزمینی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و سیستم جغرافیایی، مطالعه‌ی موردی (حوضه‌ی آبریز سیرجان)**، فصلنامه‌ی جغرافیای طبیعی، شماره‌ی ۱۲، صص ۷۵-۹۰.

- عیسوی، وحید؛ کرمی، جلال؛ علیمحمدی، عباس و علی نیک‌نژاد (۱۳۹۱)، **مقایسه‌ی دو روش تصمیم‌گیری AHP وFuzzy-AHP در مکان‌یابی اولیه سدهای زیرزمینی در منطقه‌ی طالقان**، علوم زمین، شماره‌ی ۸۵ ،صص ۲۷ تا ۳۴.

-محمدزاده، طاهره؛ واعظی، عبدالرضا؛ حسن‌پور، محمد؛ شمسی، سیاوش و کریم تقی‌پور (۱۳۹۳)، **تعیین مناطق دارای پتانسیل آب زیرزمینی در سازندهای سخت حوضه‌ی آبریز صائین به روش AHP-OWA**، سی و سومین گردهمایی علوم زمین، تهران.

- یمانی، مجتبی و شهناز علیزاده (۱۳۹۳)، **پتانسیل‌یابی منابع آب زیرزمینی با استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی AHP (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌ی آباده-اقلیدفارس)**، هیدروژئومورفولوژی، شماره‌ی ۱، صص ۱۳۱-۱۴۴.

-Boroushaki, S., Malczewski, J. (2007), **Implementing An Extension of The Analytical Hierarchy Process Using Ordered Weighted**

Averaging Operators With Fuzzy Quantifiers in ArcGIS, Computers & Geoscience, No. 34, PP.399-410.

-Chenini I., Ben Mammou A., (2010), **Groundwater Recharge Study in Arid Region: An Approach Using GIS Techniques and Numerical Modeling,** Computers & Geosciences, No.36, PP.801-817.

-Dey, P.K., & Ramcharan, E.K., (2000), **Analytic Hierarchy Process Helps Select Site for limestone Quarry Expansion in Barbados**, Journal of Environmental Management: No. 88, PP.1384-1395.

-Deng, H. (1999), **Multi-Criteria Analysis with Fuzzy Pairwise Comparisons**, International Journal of Approximate Reasoning, Vol. 21, PP.215-231.

-Magesh, N.S., Chandrasekar, N., Soundranayagam, J.P. (2012), **Delineation of groundwater potential zones in Theni district, Tamil Nadu, using remote sensing,** GIS and MIF techniques, Geoscience Frontiers, No.3, PP.189-196.

-Prasad, R.K., Mondal, N.C., Pallavi Banerjee, P., Nandakumar, M.V., Singh, S. V., (2008), **Deciphering potential groundwater zone in hard rock through the application of GIS. Environ Geol**, No. 55, PP.467-475.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی